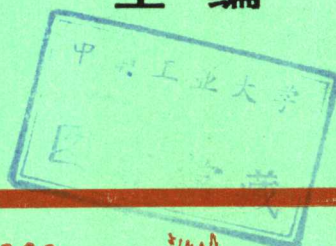




普通高等教育地质矿产类规划教材

古植物学

杨关秀 主编



地质出版社

普通高等教育地质矿产类规划教材

古 植 物 学

杨关秀 陈 芬 黄其胜 编

地 质 出 版 社

(京) 新登字 085 号

内 容 简 介

本书为地质类古生物学课程教学指导委员会计划出版的统编教材,供古生物地层学专业、煤田地质学专业本科生使用。本书广泛地吸收了近年国内外古植物学领域的新成果,内容全面、资料丰富、体现了该学科的发展水平。

本书共二十一章约 50 万字,附图 300 幅。包括:化石形成及研究方法、植物形态解剖及基本理论介绍、古植物系统分类、植物群及植物地理的概念、各时代陆相地层、植物地理分区及中国各时代植物群等方面。有较强的科学性和理论性。

为适合入门学习,本书注意了理论联系实际、加强基本训练、采用线条插图易于辨认。因此本书也有较广泛的实用性。

本书取材新颖,内容丰富,图文并茂。也可作为有关专业的研究生和从事地质古生物、煤炭、石油等生产及科研人员参考。

* * * * *

本书由梅美棠教授主审,经地质矿产部古生物学课程教学指导委员会会议于 1989 年 12 月讨论通过,同意作为高等学校教材出版。

普通高等教育地质矿产类规划教材

古 植 物 学

地质矿产部教材编辑室编辑

杨关秀 主编

*

责任编辑:叶 青 王 璞

地质出版社出版

(北京和平里)

中国地质大学轻印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.125 字数: 502000

1994 年 6 月北京第一版·1994 年 6 月北京第一次印刷

印数: 1—500 册 定价: 9.70 元

ISBN 7-116-01341-5/P·1110

前 言

《古植物学》是遵照地质矿产部古生物学课程教学指导委员会决定编写的普通高等教育地质矿产类规划教材。本书是在《古植物学附孢粉分析》(陈芬、杨关秀等编著, 1964, 中国工业出版社), 《古植物图册》(杨关秀、黄其胜, 内部教材, 1985), 《各时代陆相地层及植物群》(杨关秀, 内部教材, 1982) 等试用教材基础上, 并根据多年教学实践经验重新改写而成。

60 年代以来, 国内外古植物学的基础理论、研究方法及研究内容迅速发展。为适应本学科当前研究现状及满足教学要求, 本书力求反映当代国内外古植物学科的理论和研究成果, 体现本学科的发展水平。全书包括基础知识、基本理论简介、系统分类、各时代陆相地层及植物群和植物古生态简介, 注意引用中国特有的古植物类群的新资料。选用线条插图, 并用图面说明以利学习, 属种名称以拉丁学名为主附汉译名, 有关专门术语括注原文。化石举例附特征比较和鉴别要点, 以利学生掌握古植物基础资料和基本技能训练。本书内容按 60—80 学时编写, 其中低等植物根据教学要求仅作一般介绍。

本书由杨关秀主编, 陈芬、黄其胜参加编写。分工为: 杨关秀编写第 1 至 6 章, 第 7 章 2—6 节, 第 8、9 章, 第 10 章第 4 节, 第 11 章第 3 节, 第 12 章 1—3 节, 第 13 章至 17 章, 第 21 章; 陈芬编写第 7、10、11、12 章; 黄其胜编写第 18—20 章。全书文稿和图件最后由杨关秀负责汇总审理。

1989 年 12 月古生物学课程教学指导委员会对本书初稿审查通过, 认为教材资料全面丰富, 广泛吸收了近年来国内外古植物学科领域的新成果; 取材恰当, 有较强的系统性和理论性, 并注意理论联系实际及基本技能训练; 附图丰富、适合自学; 同时提出了修改意见。本书的主审中国矿业大学梅美棠教授对本书全稿进行了认真审定。地质出版社教材室王璞同志对本书的出版给予很大支持; 邓胜徽同志提供部分资料。作者对所有为本书提供过帮助的单位和个人表示衷心的感谢。本书引用了国内外同行的有关论著成果, 因篇幅所限, 不一一列述, 在此一并致谢。

编 者

一九九三年四月

目 录

第一章 总论	(1)
一、古植物学及其分科	(1)
二、古植物学的研究目的和任务	(2)
三、古植物学发展简史	(2)
四、植物化石的形成环境、保存类型和研究方法	(5)
五、植物化石的寻找和采集	(8)
六、古植物学的分类和命名	(9)
第二章 维管植物的形态和结构	(14)
一、概述	(14)
二、维管植物营养器官的形态和结构	(14)
三、维管植物的生活史和生殖器官	(23)
四、维管植物进化的方式	(24)
第三章 低等植物 THALLOPHYTE	(27)
一、一般特征及其地质意义	(27)
二、细菌门 BACTERIPHYTA 和蓝藻门 CYANOPHYTA	(27)
三、叠层石 (Stromatolites)	(29)
四、硅藻植物门 BACILLARIOPHYTA (Diatomeae)	(30)
五、甲藻植物门 PYRROPHYTA 暨沟鞭藻 (Dinoflagellates)	(32)
〔附〕 疑源类 (ACRITARACHA)	(33)
六、金藻植物门 CHRYSOPHYTA 暨颗石藻类 (Coccolithophorides)	(34)
七、轮藻植物门 CHAROPHYTA	(35)
八、绿藻植物门 CHLOROPHYTA	(36)
九、红藻植物门 RHODOPHYTA	(37)
第四章 苔藓植物门 BRYOPHYTA 和原蕨植物门 PROPTERIDOPHYTA	(39)
一、高等植物的特征	(39)
二、苔藓植物门 BRYOPHYTA	(39)
三、原蕨植物门 PROPTERIDOPHYTA	(41)
第五章 石松植物门 LYCOPHYTA	(49)
一、一般特征	(49)
二、镰木目 DREPANOPHYCALES	(49)
三、原始鳞木目 PROTOLEPIDODENDRALES	(51)
四、石松目 LYCOPODIALES	(54)

五、鳞木目 LEPIDODENDRALES	(54)
六、肋木目 PLEUROMEIALES	(65)
七、水韭目 ISOETALES	(67)
八、卷柏目 SELAGINELLALES	(68)
九、石松植物门的起源和演化	(69)
第六章 节蕨植物门 ARTHROPHYTA 或楔叶植物门 SPHENOPHYTA	(71)
一、一般特征	(71)
二、歧叶目 HYENIALES	(71)
三、羽歧叶目 PSEUDOBORNIALES	(74)
四、楔叶目 SPHENOPHYLLALES	(74)
五、木贼目 EQUISETALES	(79)
六、节蕨植物门的起源和演化	(93)
第七章 真蕨植物门 PTERIDOPHYTA	(94)
一、特征和分类	(94)
二、枝蕨目 CLADOXYLALES	(97)
三、伊贝卡蕨目 IBYKALES	(99)
四、对叶蕨目 ZYGopteridales	(99)
五、群囊蕨目 BOTRYOPTERIDALES	(101)
六、莲座蕨目 MARATTIALES	(104)
七、真蕨目 FILICALES	(108)
八、苹目 MARSILEALES	(130)
九、槐叶苹目 SALVINIALES	(130)
第八章 前裸子植物门 PROGymnospermophyta 及 裸子植物生殖器官的早期进化	(132)
一、特征	(132)
二、无脉树目 ANEUROPHYTALES	(132)
三、古羊齿目 ARCHAEOPTERIDALES	(133)
四、原始松状木目 PROTOPITYALES	(135)
五、前裸子植物的起源及演化	(136)
〔附〕瓢叶目 NOEGGERATHIALES	(138)
六、裸子植物生殖器官的早期进化	(139)
七、裸子植物生殖器官的形态术语	(141)
八、裸子植物的其它特征及其分类系统	(142)
第九章 种子蕨植物门 PTERIDOSPERMOPHYTA	(144)
一、特征及其发现史	(144)
二、芦茎羊齿目 CALAMOPITYALES	(145)

三、皱羊齿目 LYGINOPTERIDALES	(146)
四、髓木目 MEDULLOSALES	(148)
五、华丽木目 CALLISTOPHYLALES	(152)
六、盾籽目 PELTASPERMALES	(153)
七、盔籽目 CORYSTOSPERMALES (UMKOMASIALES)	(154)
八、开通目 CAYTONIALES	(156)
九、舌羊齿目 GLOSSOPTERIDALES	(157)
十、大羽羊齿目 GIGANTOPTERIDALES	(160)
十一、五柱木目 PENTAXYLALES	(161)
十二、古生代和中生代蕨形叶的形态分类	(162)
第十章 苏铁植物门 CYCADOPHYTA	(188)
一、苏铁纲 CYCADOPSIDA	(188)
二、拟苏铁纲 CYCADEOIDOPSIDA 或 本内苏铁纲 BENNETTITOPSIDA	(193)
三、苏铁类植物的营养叶	(195)
四、苏铁类的起源、演化及生活型	(201)
第十一章 银杏植物门 GINKGOPHYTA	(204)
一、特征	(204)
二、分类	(204)
三、银杏植物的起源和演化	(208)
四、可能属于银杏类的植物	(212)
第十二章 松柏植物门 CONIFEROPHYTA	(214)
一、概述	(214)
二、科达纲 CORDAITOPSIDA	(214)
三、叉叶纲 DICRANOPHYLLOPSIDA	(219)
四、松柏纲 CONIFEROPSIDA	(220)
五、起源及演化	(240)
第十三章 有花植物门 ANTHOPHYTA (被子植物门 ANGIOSPERMAE)	(242)
一、有花植物(被子植物)的基本特征	(242)
二、被子植物的叶结构分析及基本术语	(243)
三、被子植物的分类系统及常见化石	(246)
四、被子植物的起源	(254)
第十四章 古植物群和陆生植物古生态	(259)
一、古植物群(古植物区系)	(259)
二、古植物的埋藏	(260)
三、生活型和植物化石对古气候的判别	(261)

四、植物群落及其演替	(264)
第十五章 泥盆纪陆相地层及植物群	(269)
一、世界陆相泥盆系及植物群概况	(269)
二、我国泥盆纪陆相地层和植物群	(270)
第十六章 石炭纪陆相地层及植物群	(275)
一、世界石炭纪陆相地层概况	(275)
二、石炭纪的植物界	(275)
三、石炭纪植物地理区	(277)
四、中国石炭纪陆相地层和植物群	(280)
第十七章 二叠纪陆相地层及植物群	(285)
一、世界二叠纪陆相地层概况	(285)
二、二叠纪的植物界	(285)
三、二叠纪植物地理区和植物群	(287)
四、中国二叠纪陆相地层和植物群	(290)
第十八章 三叠纪陆相地层及植物群	(296)
一、世界三叠纪陆相地层发育概况	(296)
二、三叠纪的植物界	(297)
三、三叠纪植物地理区	(299)
四、中国三叠纪陆相地层及植物群	(301)
第十九章 侏罗纪陆相地层及植物群	(306)
一、世界侏罗纪陆相地层发育概况	(306)
二、侏罗纪的植物界	(307)
三、中国侏罗纪陆相地层和植物群	(310)
第二十章 白垩纪陆相地层及植物群	(315)
一、世界白垩纪陆相地层发育概况	(315)
二、白垩纪的植物界	(316)
三、白垩纪植物地理区	(318)
四、中国白垩纪植物群	(320)
第二十一章 新生代陆相地层及植物群	(323)
一、世界陆相第三系和中国第三系发育概况	(323)
二、第三纪的植物界	(323)
三、第三纪植物地理区	(324)
四、中国第三纪植物群	(325)
五、第四纪植物概况	(328)
主要参考文献	(329)

第一章 总 论

一、古植物学及其分科

古植物学 (Palaeobotany 或 Palaeophytology) 是研究地史时期植物界的科学。古植物学的研究对象是保存于地质记录中植物的遗体及其印痕, 总称为植物化石 (fossil plants)。按其体积大小一般分为大植物化石 (plant megafossils), 指肉眼可见的植物各器官, 包括根、茎、叶、果实、种子、雌、雄花穗或其残余部分; 微古植物 (plant microfossils), 系指藉助于显微镜研究的角质层、孢子、花粉、树脂和其他可鉴别的植物碎屑。本学科发展到现代, 已因研究对象和主题不同而衍生出许多分支学科:

(1) 系统古植物学 (Systematic palaeobotany) 或称形态古植物学 (Morphological palaeobotany) 是指应用各方面的形态学知识 (包括外部形态和各种器官内部结构形态), 从系统发育史的观点研究各类植物的形态、结构和演化的学科。

(2) 地层古植物学 (Stratigraphical palaeobotany) 研究地史时期各类植物的组合及其垂向发展顺序和地理分布, 用以划分对比陆相和海陆过渡相地层。

(3) 古解剖学 (Palaeophytoanatomy) 包括化石植物体各部分器官的解剖研究、叶的角质层研究、古木材学研究等, 用以追溯各类群的系统发育, 各类群的鉴别和古气候推论。

(4) 古种子学 (Palaeocarpology) 对新生代泥炭层中大量聚集的种子, 除分别鉴别至种外, 还常应用数理统计方法研究各种的数量与分布的关系, 用以恢复古植物群落和古植被。

(5) 古孢粉学 (Palaeopalynology) 分析、富集、鉴定和统计植物化石的生殖细胞 (孢子和花粉) 的学科, 是目前应用最广泛的微古植物学, 在不含大化石的陆相或海、陆相地层的对比工作中具有特殊作用。在研究陆生植物的进化历史上, 孢子花粉也是十分重要的线索。

(6) 古藻类学 (Palaeophytology) 包含内容甚广, 现已分化成很多专门性学科, 如沟鞭藻、钙藻、轮藻、蓝绿藻、硅藻等。

(7) 古植物地理学 (Palaeophytogeography) 研究一定地质时期、一定地理区域内植物群落的总和即植被的组成、结构及其变迁。

(8) 古植物生态学 (Palaeophytoecology) 研究植物化石的埋藏特征, 恢复植物的个体生态, 研究古植物与环境的关系, 植物群落结构及其演替, 并藉以恢复古植被、古气候和古地理。

为了适应我国目前教学、生产实际的现状和科学研究的基础, 本书内容侧重系统古植物学和地层古植物学。

二、古植物学的研究目的和任务

古植物学是跨生物学和地质学两者的边缘学科，其研究目的和任务也是多方面的。

从生物学角度看，本学科是重建地球表面植物界系统发育史的重要途径。现代植物学是通过长期观察、调查、实验等方法研究各类植物的形态、结构、生活史、生理、生态及地理分布等的。然而，这些工作即使能包括人类对自然历史的全部记载，但相对地史时期而言也仅是极为短促的瞬间，无法了解植物界各类群的起源及其演化和各器官间相互关系，例如，对现代银杏叶所具异形叶的进化意义的认识；叶、孢子叶、珠被、心皮、萼片、花冠等同源器官发生的探索和植物界三大起源问题（陆生植物起源、种子植物起源和被子植物起源）等。而古植物学却能够通过系统地按层序采集亿万年以来地质史书留下的“字画”——植物化石，用各种手段进行研究、分析。然后，人们就能重现植物界的发展史、各发展阶段和各类植物的系统发育关系。各种研究成果证明地壳上最初的生命是海洋中的植物界，自太古宙海洋原核生物发展到早古生代海洋真核生物，进而由海洋进征陆地，表明古植物学在生命起源研究中也扮演着重要的角色。

在地质学范畴中，古植物学的研究有多方面的重要意义。如在对非海相地层中的沉积矿产特别是煤、石油和硅藻土等资源的勘查中，古植物可帮助判断矿产形成时期和含矿层位的划分、对比。煤岩的植物分子研究和煤核植物研究可了解成煤原始物质的组成，也是预测煤质的重要依据之一。古植物的生态研究提供了含矿层位形成的古地理、古气候条件，不同层位的含矿层；同时代不同的植物群落分布也可用于圈定合格的煤的分布图，就是在某些金属矿产的成因机制上，古植物所起的作用也很重要。古植物还是判别古大陆和地质事件的重要标志，如丝炭化植物和熔岩中古植物研究可作为地质史中森林火灾事件的依据（A. C. Scott, 1989）。特有植物及混生植物的分布、变迁表明了地质时期古大陆的存在及其变迁。

三、古植物学发展简史

古植物学的研究经历了漫长的历史。18 世纪中叶之前，西方尚处于蒙昧宗教统治时期，仅有化石记载而无正确认识。而我国在 11 世纪时，北宋的沈括（1031—1095）就已对化石有了正确的论述，他在《梦溪笔谈》中叙及“近岁延州永宁大河岸崩，入地数十尺，土下得竹筍一林，凡数百茎，根干相连，悉化为石。……延郡素无竹，此入在十尺之下，不知其何代物。无乃旷古以前地卑气湿而宜竹耶”。他所指的竹，当为今陕北三叠纪地层中之 *Neocalamites*（新芦木）或 *Equisetites*（拟木贼），都是具节明显如竹，适生于潮湿环境的节蕨类植物。当时他已能将今论古地推论远古时代延安古气候较近时低凹潮湿才能生长“竹子”，朴素地应用现实主义原理说明了生物与环境统一的关系，比意大利画家列奥纳多·达·芬奇（L. D. Finch）对化石形成和性质的认识早了 400 多年。但由于长久的封建统治，我国自然科学发展受到抑制。欧洲也长期受宗教束缚，只有到 19 世纪初，由于资本主义兴起，采矿事业发展了，古植物的研究才随之有较快进展。总观古植物学的研究大致可以分

为四个阶段^①：

1. 创始期 (1820—1850)

此阶段以描述性的文献为主，但法国的 A. Brongniart (布朗尼阿)、德国的 E. F. Schlotheim (施勒海姆) 和 K. Sternberg (斯顿伯格) 等都曾把植物化石进行粗略分类并建立植被体系。1753 年法国植物学家 C. Linne (林奈) 对现代植物的分类命名，以及显微镜和加拿大胶制片技术的发明都促进了古植物学的研究。

2. 探索时期 (1851—1900)

1859 年 C. Darwin (达尔文) 的物种起源理论启发人们从进化发展观点进行古植物学研究，使描述工作系统化；植物群研究范围除欧洲外逐步扩展到东南亚、印度、南非、南美及澳洲等地。世界各国都有研究古植物的学者，如德国有 H. R. Goeppert (戈伯特)、J. A. Schenk (欣克)、H. C. Solm-Laubach (索尔姆-劳巴克)、H. Potonie (波托尼)、F. Unger (昂格尔) 等，法国有 L. G. Saporta (萨堡特)、W. P. Schimper (辛伯) 和 R. Zeiller (蔡耶)，英国 W. C. Williamson (威廉森)，北欧、东欧有波兰的 M. Raciborski (拉契波斯基)、捷克的 J. Velenovsky (维兰诺夫斯基)，加拿大的 J. W. Dawson (道森)，美国的 L. Lesquereux (莱斯奎鲁克斯)、J. S. Newberry (纽贝里)，俄国的 O. Heer (希尔)，日本的 M. Yokoyama (岛仓己三郎) 等。

3. 发展时期 (1901—1950)

显微镜及其他技术的应用使古植物在形态、解剖和系统发育方面都有很大突破。

这一时期古植物学有四大发现：1904 年 D. H. Scott (斯科特) 和 F. W. Olver (奥利弗) 发现了种子蕨；1907 年 H. Wieland (威兰) 对本内苏铁花的研究并讨论它与被子植物起源的关系；1917—1921 年 R. W. Kidston (基特斯顿) 和 W. H. Lang (兰) 在苏格兰下泥盆统中发现最古老的陆地植物——裸蕨类，提供了陆生植物起源的重要依据；1925 年 H. H. Thomas (托马斯) 发现生殖器官结构介于裸子植物和被子植物之间的开通目植物。这些发现和研究使系统古植物学前进了一大步。

古植物地理区系和植物群顺序研究有较大进展。代表性的著者和作品有：A. C. Seward (西沃德) (1933) 的《Plant life through the age》；R. W. Kidston (1924—1926) 的《英国石炭纪植物》；T. G. Halle (哈利) (1927) 的《山西中部古生代植物》；O. Feismantal (菲斯曼特) 和 B. Sahni (沙尼) 关于印度古植物群的研究；S. Kawasaki (川崎繁太郎) (1927、1931—1934、1939) 的《朝鲜平安系植物群》；M. D. Zalessky (查列斯基) 《顿涅茨和库茨涅茨克石炭二叠纪植物群研究》，其后继者为 M. E. Neuburg (纽伯格)。

各种新方法技术的发明开拓了研究范围。E. M. Reid (里德) 和 E. J. Chandler (钱德勒) 应用统计方法研究第三纪沉积中果实和种子在数量上的相互关系。H. D. Erdman (额尔特曼) 发明了孢粉分析法，J. Walton (沃尔顿) 发明了撕片技术 (peel technique) 研究植物的解剖结构。

这一时期的教科书和分类专著也纷纷出版，如 D. H. Scott 关于古植物解剖学研究的专著，A. C. Seward 的化石植物专著 1—4 册，W. Gothan (高腾) 和 A. H. Kryshstofovich (克里什托佛维奇) 的教科书，R. Florin (弗洛林) 有关松柏植物的解剖研究等。

^① 参考徐仁讲稿。

4. 现代时期 (1950 年至现今)

50 年代电子显微镜的发明推动了古植物学向纵深发展,尤其是微古植物的研究更是迅速扩展。

藻类研究有巨大进展。自前寒武纪至新生代,自细菌、蓝藻到轮藻、硅藻、沟鞭藻等类的研究在勘查石油和某些金属矿产方面都发挥了很大作用;生命起源的研究通过原核生物的发现已向前推移至距今 33 亿年。

孢粉学进一步发展。通过电镜研究的揭示不但在孢粉形态、结构方面,而且结合煤岩成分、沉积环境等向古生态研究方面发展。

陆生维管植物的研究又有新的突破。例如 1960 年 C. B. Beck (贝克)建立了前裸子植物门,沟通了裸子植物起源的自然关系;H. P. Banks (班克斯)、S. Leclercq (莱克勒克契)和 F. M. Hueber (休伯)关于裸蕨植物和古老石松植物的再研究;S. H. Mamay (玛梅)关于古生代苏铁及其起源的研究;其他还有被子植物的早期演化和起源,松柏植物的纵深研究等。

在世界各地各时代的植物群演化阶段的研究基本清楚的基础上,古植物转向地理区系和古植物生态的研究,古植物区系的研究成果成为板块学说的重要证据。煤核、熔岩中植物化石研究用于判断煤质和地质事件等。各国或跨国联合出版了大量总结性的专著。

1980 年国际古植物学协会 (IOP) 的成立标志着该学科发展到国际交流阶段,有通讯刊物 (Newsletter) 和国际古植物文献目录。与此相应的还有国际孢粉联合会 (IPC)、国际古被子植物协会 (IAAP) 等。当前古植物学主要研究动向为:①陆生植物、被子植物及其相关类群的起源和演化;②全面应用电子显微镜、X 射线、萤光反射镜和光学显微镜揭示化石的内外形态结构;③植物古生态和煤核研究与环境、成矿关系,使基础学科更密切结合经济开发。

5. 我国古植物学研究简史

解放前,旧中国不重视科学技术发展。除了少数国外学者的工作如 T. G. Halle、J. A. Schenk、H. Yabe (矢部)、R. W. Chaney (钱尼)、F. Stockman (斯托克曼)和 F. F. Mathieu (马蒂尼)等外,解放前我国研究古植物学的学者只有周赞衡(早白垩世植物)、潘钟祥(陕北三叠系、北京白垩系、河南及新疆二叠系植物)、胡先骕(山东山旺中新世被子植物),其中研究工作最多的是斯行健,共发表论文 20 余篇,还有徐仁和李星学等。

解放后随生产建设需要,古植物学的研究大大发展,从 50 至 70 年代的 30 年中,无论是在机构、人员、图书、设备和发表论文的数量和质量方面都达到空前的水平。各研究机构和各大院校有相当数量的中、青年古植物学工作者,其中研究大植物化石者近 100 人,研究孢子花粉分析的约 400 人,研究藻类及前寒武纪微古植物的达 100 人,其总数是世界之冠。我国古植物学的奠基者斯行健 (1901—1966),解放后在古植物学基本理论、植物群、为生产教学服务及培养后继者等各方面都作出很多贡献,出版了 2 本专著《中国上泥盆纪植物化石》、《陕北中生代延长层植物群》及其他专著、论文等 100 多篇。徐仁着重于中生代植物群的研究(《中国晚三叠世宝鼎植物群》等)。李星学着重研究华夏植物群(《华北月门沟群植物化石》)和东亚石炭二叠纪的植物地理区系等。我国各时代的植物群研究也已有很多专著、论文(略)。

尤其是近十余年来,我国古植物学研究处于较成熟和蓬勃发展的阶段。自 1979—1983

年,相继成立了中国孢粉学会、中国植物学会古植物专业委员会、化石藻类专业委员会和中国古植物学会各学术组织,加强了国内同行间的及时交流,促进了学科发展。学术上,中国古植物学已走向国际,国外新理论、先进技术的引进应用,国内、外同行学者的合作及互访交流促进了研究水平的提高;我国古植物学者发表在国外刊物上的论著也日渐增多。古植物学的各学科迅速发展,宏观的古植物地理区系研究已涉及世界范围的综合分析。微观研究方面,如在应用扫描电镜、连续切片及揭膜、萤光反射配合光学显微镜研究古植物各器官的形态解剖结构等,也已在有关的院校和研究所开展起来。除了在国际上占优势的从生物地层学角度作植物群研究外,系统演化、古气候和古生态的研究也正在兴起。微古植物的孢粉学和古藻类学大幅度扩展研究范围,并在能源勘测和新生代植被、古气候方面起重要作用,大植物化石近些年来除了各时代丰富的植物群研究外,一些类群、属种的深入研究有很多富有科学意义的新发现,如早泥盆世早期 *Eophyllophyton* (图 8—5)、晚泥盆世 *Leptophloeum* 的植物体恢复及茎的解剖结构 (图 5—14)、大羽羊齿类的生殖器官 (图 9—14, 4 至 9)、叶结构 (图 9—33 至 39)、茎叶解剖、生态和系统演化等,古生代苏铁植物的发现 (图 10—4、5、6、7、8)、晚二叠世镁灰岩植物、早三叠世的 *Pleuromeia* (图 5—16)、中生代银杏生殖器官及其系统演化 (图 11—7)、蹄盖蕨科在早白垩世的发现 (图 7—47) 和世界最早的被子植物等。然而,从学科发展及与国际先进水平相比,我国古植物学的研究尚存在一定的差距,专业人才的研究水平尚待提高,新技术方法应用推广尚不够普遍,古植物学有关的理论研究还有待于深化,相当多有价值的化石尚待发掘和研究。

我国是举世闻名的古植物资源宝库,自泥盆纪至第四纪,各时代的植物群发育相当完全,我国丰富的早泥盆世植物化石提供了研究陆生植物起源的优越条件。在植物地理区系方面,石炭二叠纪世界四大植物区系(即冈瓦纳或舌羊齿植物群、欧美植物群、安加拉植物群和华夏植物群)在我国就有三个区系均有发育,这是举世无双的,其中华夏植物区系中丰富的大羽羊齿植物群更是独占世界之冠。中、新生代也横跨两大植物区系,又是北半球温带植物区系的发源地之一。第四纪山谷冰川退缩后,在华南残存了相当多的裸子植物和古老的被子植物。银杏、银杉、水杉等都一直延续至今,成为珍奇的世所罕见的活化石。

大自然赋予了我国古植物学发展得天独厚的条件,我们要通过艰苦劳动,努力进取,积极促进我国的古植物科学事业发展并为提高学科水平作出贡献。

四、植物化石的形成环境、保存类型和研究方法

(一) 植物化石的形成

植物遗体以各种方式保存在地壳中,保存过程的物理化学条件各不相同,不同的环境和沉积过程也可形成不同类型的化石。水生的各类植物保存条件比较均一,而陆地植物虽生长于各种环境,但要保存为化石则需要有埋藏条件,同时也取决于植物各部分器官的特征。

陆地上具备埋藏条件的是地势较低处,一般也是水分较多、植物生长茂盛之处,如河道两岸的冲积平原(泛滥盆地)、沼泽、废弃河道、浅水湖泊(牛轭湖、火山灰堵塞湖或火山口湖)、河口三角洲低地和近海潮坪低地等。河床两侧的天然堤、河道中的心滩、边滩地势相对高些,也有种类较单调的植物生长。这些地区常有积水或时为水淹,是掩埋植物遗

体的有利地区。

当洪水期河水溢出冲垮天然堤,可使附近正生长的植物崩塌下河道被搬运走或原地被埋藏。被搬运走的树干常在河道滞留沉积的砂岩中成为漂木,顺层面保存。原地埋藏在决口扇砂、泥岩互层中的树干则常呈垂直状态保存。河流流向改变及洪水泛滥经常迅速掩埋附近低凹处的植物。沉积物经长期累积、压实挤出水分,这些原地埋藏(allochthonous burial)或稍经移动称为准原地埋藏(hypallochthonous burial)的植物部分也被压平,通常叶子就成为一层炭膜留在岩石中。经过搬运的枝叶就散落、破碎保存于废弃河道或牛轭湖中。但种子经过水的搬运却可相对集中而较少破坏。

植物生长地附近有火山活动时,火山灰和雷暴会迅速掩埋附近低处的植物,甚至熔岩中也可包含植物。滨海潮坪低地的咸水或半咸水沼泽,障壁岛后的低地常为淡水沼泽,但也常有海水内泛。喜水的红树林型植物可以形成森林沼泽(forest swamp),晚古生代石炭纪也有类似的森林沼泽,当被海水或泥砂覆盖时形成原地埋藏的煤或煤核(coal-balls)。

(二) 植物化石保存类型和研究方法

植物化石保存的类型基本有三种,研究方法也各不相同。

1. 压型(compression)

保存部分或大部分植物原有物质和结构的化石称为压型。其形成过程为植物各部分器官被细粒沉积物迅速掩埋后,在沉积物累积的重压下,逐渐脱水和压扁,有机物挥发后仅留下与原来植物部分轮廓完全一致的炭质膜,这种化石称为压型,是极常见的化石类型。压型的细胞结构大多数被破坏,仅能见表面特征,叶为最普遍保存的部分,表面的形态、边缘、叶柄和脉序等都很清楚。但压型若处在低温低压下,保存的化石中细胞内含物可以不消失。尼克拉斯等(K. J. Niklas et al., 1978)研究中新世被子植物叶的压型化石,借透射电镜观察甚至连细胞壁纤维素的微纤维组织和叶肉细胞内的叶绿体、细胞核和胞间连丝等都可见到。美国爱达荷州中新世克拉基(Clakia)湖相沉积下部缺氧环境的层位中,斯迈利(J. Smiley, 1975)发现大量保存为鲜绿色的压型叶化石。经生物化学分析研究(E. M. Golenberg et al., 1990),甚至在木兰属(*Magnolia*)叶绿体的染色体基因中提取到了脱氧核糖核酸(DNA)。

然而,很重要的是绝大多数陆生植物的气生部分(aerial parts),其外部都有起保护作用的角质层,以防止水份的蒸散。角质是紧贴于植物各器官表皮细胞外壁的无定形物质,它和孢子、花粉、蜡质、栓质和树脂体等都是复杂的高碳脂肪性化合物,具有很强的耐酸、耐碱性能,可抵制细菌和真菌的侵袭,除高温、高压破坏外,一般都可保存。它们常与植物其他组织的有机质分解后残留的炭质紧相粘附而成稍有弹性的薄膜,可用细针或小刷取下,或用氢氟酸浸解岩块来获得。处理方法为将薄膜放入舒氏溶液(Schulze solution),即一分饱和氯酸钾水溶液和二、三分冷的浓硝酸浸解。另一种方法为用次氯酸钠加上1—2滴盐酸浸解,对于煤化标本,此法氧化更快。当起作用氧化后,炭质膜转化为黄褐色透明状,用吸管吸出后以蒸馏水洗净。用细解剖针(0号或1号昆虫解剖针)在解剖镜下把叶的上、下表皮挑开,清洗、制片,就可在显微镜下研究。角质层能反映各类植物的叶或其他部分表皮细胞形状、气孔分布、气孔器的结构和毛或腺的存在与否等。角质层的碎片也可镀膜后直接用扫描电镜观察,还可用乳胶(latex)做成复制品或以塑胶液体包埋化石表层制成透明薄膜揭下后再在电镜下研究。近年来也使用X射线研究保存于高变质页岩中大部分被掩

盖的植物化石。角质层的研究成果可作为植物自然分类的依据，补充印痕化石之不足。由于同种植物各器官有相同结构的角质层，故通过研究分散各器官的角质层的同一性可连接彼此间关系，并可据角质层的各种形态特征推论当时的生态环境。

研究植物生殖器官的压型化石具有重要的分类意义，尤其是与叶或枝相连的那些标本可以直接取来作生殖器官结构研究，如原位孢粉分析和孢子囊解剖等。用舒氏溶液氧化并以蒸馏水清洗后，可制片在光学显微镜下观察或镀膜用扫描电镜直接观察。

煤是特殊条件下的压型化石，它主要由植物原料累积在重压下紧挤经变质而成，浅变质的烟煤和褐煤，其植物的微细结构都可保存。研究方法有二，一是制煤岩薄片，在煤岩薄片木质部碎片、皮层、角质层、栓质层、孢子、花粉和树脂体都能见到；二是，煤或细粒含化石的岩石也可用化学剂浸泡使其破碎而分离出植物各种器官的碎片，这种方法称为大块浸解 (bulk maceration)，它们远比保存为单个器官化石数量要多，可借此了解煤的原始物质组成和种类，补充植物组合内容。保存有角质层的压型化石也可用萤光显微镜观察照像，化石中有角质层的部分发光。

另一类特殊的压型化石是硅藻土 (diatomite) 和琥珀 (amber)，前者是由硅藻的硅质细胞壁沉积在湖泊及大洋底固结形成白色轻质的沉积岩。它本身由化石构成，然而又作为保存其他动、植物化石的极好的围岩。我国山东临朐中新世山旺组中的硅藻土内保存了数百种动、植物化石。琥珀为植物的树脂体石化而成。粘性的树脂常有可能粘住了昆虫、古老的花、风吹来的花粉粒、真菌孢子及其他动物等而共同保存为化石。我国东北抚顺始新统的琥珀中有各种昆虫化石成为稀世之宝，琥珀本身也是名贵装饰品。

2. 印痕 (impression)

印痕是最常见的化石类型，通常是压型化石的反面印痕，压型-印痕化石在野外经常遇到。剥开一层岩石可见到一面岩石上的化石附有炭质膜，另一面很少或无炭质附着，是压膜的负型印痕，但它完全与压型表面细节一致如叶形状、脉序、孢子囊、茎枝等。与压型不同的是它没有植物本体部分的物质。当保存印痕化石的是很细粒的岩石时，可用乳胶得到印痕的复制品，用电镜进行观察。立体的 (三维的 three-dimensional) 植物茎、枝或种子等被沉积物埋葬后在围岩未硬结之前可留下植物部分相反面的印痕。此后，植物部分又被分解，则在沉积物内留下硬结的空洞，称之为模型 (mold)，它反映原实体植物表面的反面特征；若有其他沉积物后来又充填入模内，则硬结后就铸成与原植物有机体形态完全一致的三维核标本。图 6—10 是节蕨植物 *Calamites* (芦木) 的髓腔充填后形成的髓核 (pith cast)。这种化石形成过程与机械厂铸造构件的过程相同。世界上曾发现过高达 3—8m 的化石树桩的模核，一般常在迅速埋藏过程中形成，这种类型在研究植物内部形态时很重要。

3. 石化 (petrification) 或渗矿化 (permineralization) 化石

被埋藏的植物体各部分器官经含矿物质溶液浸泡，矿液逐渐渗透入细胞腔及细胞间隙而矿化，但植物体仍保持原有的结构，甚至木质素、纤维素都可保存。矿液有硅质、钙质、镁质或其氧化物。石化或渗矿化化石形成于各种环境：河道沉积中常有被洪水搬运来的树干、断枝等滞留于河床底，并逐渐为流水中含硅酸的溶液渗透而形成硅化木；在火山活动附近的地区或被火山灰掩埋地区，水溶液中矿物质含量高也常形成渗矿化化石，如我国滇黔地区二叠纪中期玄武岩喷发后，一般细碎屑岩中常有渗矿化的植物化石；滨海潮坪或泻湖后期的泥炭沼泽中，当上覆沉积物为海侵相的碳酸盐时，含钙的溶液常可渗入泥炭层，围

绕其中的部分植物器官沉淀硬结而形成煤核 (coal-balls)。煤核实际上是产在煤层中的钙质或镁质结核, 因首次发现地所见者都成球形、卵球形故名。在还原环境下也可形成黄铁矿化的煤核。煤核中可保存各种茎、枝、孢子叶穗、根、叶、叶柄、种子等器官。煤核是最有研究价值的化石集合体, 很多绝灭植物的结构都由此而得, 在研究分类学、系统学、原始成煤植物组成和推论古气候等方面起重要作用。

研究渗矿化石的基本方法是把化石按要求的方向锯切开, 通常要纵横两个切面, 茎还要增加弦向的切面。然后制成光面和薄片, 后者可用光学显微镜直接观察研究。但这种方法一般仅用于硅化木, 因其材质太硬, 不宜用其他方法制作。

撕片法 (peel method) 是使用最简便的技术就可得到研究矿化标本薄膜的方法, 主要用于研究基质较软的煤核。将煤核用金刚石锯锯开后, 把切面抛光用冲淡的盐酸 (10%) 腐蚀 20 秒钟 (盐酸与煤核中的钙起作用使碳酸钙被溶蚀而留下细胞壁或其他可能保存的细胞内含物)。然后用流动水冲洗, 放入烘箱内使表面干燥。此时腐蚀过的表面已有细胞壁突出, 切忌用手或其他物触及。然后, 用丙酮 (acetone) 倾注于腐蚀过的表面 (注意需将标本微倾斜, 丙酮自上而下倾注以使其流动快而均匀), 迅速而小心地贴上醋酸纤维膜 (acetate), 并由内向外赶走气泡。此时, 丙酮部分地溶解了醋酸纤维膜的下表面, 使其成液状充填于细胞腔及细胞间隙内。由于丙酮挥发快, 醋酸纤维膜在很快固结的同时煤核表面凸出的细胞壁部分嵌入到纤维膜内。当醋酸纤维膜完全干后, 小心地自煤核表面揭下此薄膜, 细胞壁就埋在醋酸纤维膜下表面 (图 1—1)。煤核标本可用细研磨料重新抛光再磨蚀, 重复此过程就可得到一系列切面。这种方法可制切茎、枝不同部位切面以研究植物的个体发育及演化。这种方法同样可使用于非碳酸钙质的煤核或其他渗矿化类型标本, 但必需使用其他相应的酸腐蚀。若是硅化植物则需用氢氟酸。这些实验均应在通风橱内操作, 以免造成对人体的损害。

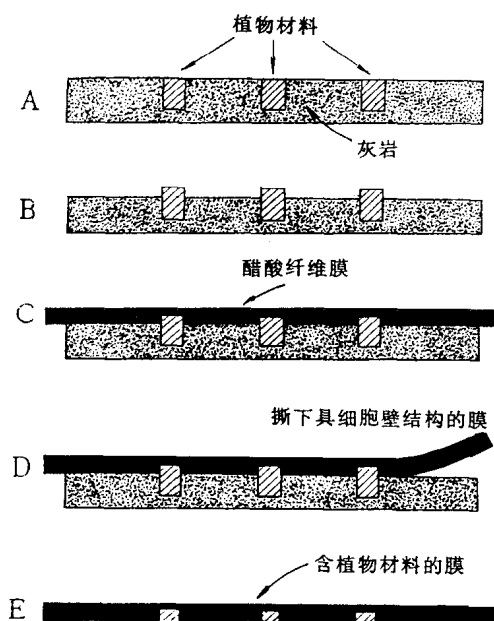


图 1—1 撕片技术的图解
A—碳酸钙基质 (煤核) 包含着植物; B—煤核表面经腐蚀后暴露出植物部分; C—注入丙酮后铺上醋酸纤维膜; D—撕下醋酸纤维膜; E—醋酸纤维膜上带下了植物的细胞壁

(引自 T. N. Taylor, 1981)

五、植物化石的寻找和采集

寻找植物化石除了注意在河岸、断崖、新开的公路或建筑工地基岩等处观察露头外, 更应注意保存化石的岩性、岩相和上下层序。植物化石通常保存在较低凹而易为沉积物覆盖的场所。一般原地埋藏在泛滥盆地、湖滨、潮坪、湖坪环境的粉砂岩、细砂岩或砂质泥岩中的植物化石因覆盖物颗粒速度均匀地沉积而保存最佳, 尤以泻湖或潮坪的细粒砂岩因有

钙质的渗入有可能成为渗矿化化石而更需注意采集。植物化石的上覆层若为洪水泛滥的泥砂,在其固结后与产化石层位的岩性差别不大。河流因改道而覆盖低凹处的植物,因而在厚层的河床相砂岩层下有保存颇佳的植物化石。滨海沼泽型煤田的煤层中常有煤核。浅水湖相的硅藻土和凝灰砂岩或凝灰质砂岩中有很完整的植物化石,后者并可保存森林原貌,如北美著名的黄石公园剖面。河床相砂岩中常有平行或斜交层面的硅化木,而滨海浅滩的砂岩或决口扇砂泥岩中曾发现垂直着生的植物化石,如我国湖北晚泥盆世的砂岩中有垂直着生的 *Leptophloeum* (薄皮木)。下三角洲平原相的砂泥岩中植物叶经搬运常较破碎而密集,茎枝较常见。远岸湖泊相地层中则仅有耐搬运的针叶、厚叶或茎、枝。

采集植物化石应当注意:①记录岩性的同时要详细记录各种化石所产出的详细层位,对每一化石层中属种出现的数量作相对量统计或分别统计标本块数,有条件则应作样方统计(A. C. Scott, 1978);②大致记录各类植物化石在垂向上相互消长情况,不能在野外初步鉴定的属、种可分别以符号代表,应当特别注意那些有地层意义的重要属种的始现、繁盛或消失的层位;③在采集化石时一定要充分考虑各类植物化石形态结构的鉴别要点和保存特点,并应从古生态角度观察判别,才能收集到合格的实际材料,如生殖器官对植物化石的分类极为重要,由于植物化石各部分器官的特性不同,成熟的生殖器官常单个保存,为此特别要注意收集营养器官与生殖器官着生于一体的化石;真蕨和种子蕨植物的蕨型叶体积大;要尽量采集较能反映其分裂次数的多次羽片。一般蕨叶下部的或近各级羽片基部的小羽片或羽片形态较稳定,注意有无间小羽片、间羽片、变态小羽片及变态叶等(图7—2)。硅化木要收集不同部位的标本,最好是直径小于15cm的茎或枝部,以能取得完整的解剖结构资料;④因为高等植物体积大,最佳的采集地是露天矿、采石场或新开公路、铁道附近,地下采掘坑道也能得到大块化石,这些地点的缺陷是不能得到垂向系统的材料,所以必需要和野外露头剖面结合起来。在野外采集时应先取下尽量大的岩块(必要时可以作浅层爆破),沿层面层层剥开寻找植物化石。有时较完整的化石已裂碎,则应先就地把标本照相,然后把分散取下的标本按原位拼接好,并立即标上记号注明拼接方位后再分散包装。在野外发现重要而又稀少的或很小的化石要马上用彩色笔圈出,角质层炭膜如易脱落可先把化石作记号再用纸袋装上炭膜编上同一号码。压型-印痕常同时保存,当剖开岩石发现有化石时,除作必要记录外,应立即按原位合上再包装。硅藻土及粘土岩从潮湿地采出后,要放在荫凉处待稍干再劈开。在野外不可能使化石全部暴露,也不宜过分修打围岩,以免使完整的化石破碎。小而宝贵的标本用小盒包装与硬质大块岩石分别装箱,最好用软纸包装化石。

六、古植物学的分类和命名

古植物学与现代植物学一样,其自然分类系统是以生殖器官、解剖结构和比较形态等特征为基础。由于化石记录的不完整性和常常缺失中间类型,建立以系统演化为纲的自然分类存在很多困难。新的化石植物和现代植物资料的不断增加,分类系统又常会有变更,甚至有相当大的变更也是不奇怪的。100多年来,很多古植物学家和植物学家们的工作使植物分类系统逐步完善,尤以近20年来有较多的修正。然而对于认识亿万年前史前的记录来说,化石植物仍将不断被发现,研究还将不断深入,分类系统的修正也只是一个时期内相对稳